

# Biomassen-Spektrum im Gullmarfjord – Eine Methode, zur Analyse eines strandnahen pelagischen Ökosystems

Simone Luehr [simone.luehr@hotmail.de](mailto:simone.luehr@hotmail.de)

Janine R  thke [Janine.raethke@gmail.com](mailto:Janine.raethke@gmail.com)

## Abstract

A useful appliance in the analysis of the structure of ecosystems is seen in the biomass spectra. It allows a general approach to monitor interactions and changes in a biocenosis. As anthropogenic influences continuously manipulate biotic (fishing) and also abiotic (climate) factors, food webs and energy flow of trophic levels are being changed. To investigate whether there are irregularities within the food web of the seashore in the Skagerrak, we investigated a shallow area of the Swedish westcoast within the Gullmarsfjord. Seine fishing was used to sample the pelagic zone. The caught fauna and flora was taxonomically determined and the fauna was then divided into four size classes. After logarithmically correlating the bodyweight per individual to the number of individuals, a negative correlation was found. A comparison with literature revealed a relatively vital biocenotic structure, however lacking larger predators such as fish, which might result from sampling bias. Nonetheless biomass spectra help to get a general overview of a biocenosis, but further investigation of the benthic zone, as well as the plankton and the chemical and physical conditions is required to achieve more detailed results..

## Einleitung

In der   kologie dienen zahlreiche Modelle der Beschreibung von Populationen und ihren Interaktionen mit der Umwelt, sowohl abiotische, als auch biotische Faktoren, die einen Einfluss auf die Organismen nehmen, werden dabei mit erfasst. Eines dieser Modelle ist die Metabolic theory of ecology (MTE) (Brown et al., 2004). Diese dient dazu viele biologische Prozesse in Bezug auf die metabolische Rate zu erklären. Es lässt sich eine Beziehung zwischen der Stoffwechselrate und dem Körpergewicht und der Körpertemperatur ableiten. So haben kleine Organismen in Bezug auf ihre Körpermasse eine höhere metabolische Rate, als große Organismen und Organismen, welche eine hohe Körpertemperatur haben (durch Endothermie oder das Vorkommen in warmen Gebieten), haben eine höhere Stoffwechselrate, als kaltbl  tige Organismen oder solchen in kalten Gebieten.

Mit der allometrischen Gleichung  $Y = Y_0 M^b$  (Huxley, 1932) lässt sich dieses Phänomen mathematisch beschreiben. Wobei  $Y$  eine abhängige Variable ist (wie die metabolische Rate, Populationsgröße oder Organgröße),  $M$  die Körpermasse und  $b$  und  $Y_0$  freie Parameter

sind. Dabei wurde beobachtet, dass die freien Parameter stets ein Vielfaches von einem Viertel bilden (West et al. 1999). Die MTE gilt sowohl für Einzeller, als auch für große Tiere sowie für einzelne Tiere oder gar ganze Ökosysteme (Brown et al., 2004).

Nutzt man diese Theorie auf Populationsebene können damit Aussagen über ganze Ökosysteme getroffen werden. Als ein nützliches Instrument dafür dienen Biomassenspektren (Sheldon & Parsons, 1967; Sheldon et al. 1972). Biomassenspektren umfassen die Verteilung der Biomassen aller Größenklassen in einem Ökosystem und lassen mit Hilfe von allometrischen Beziehungen Auskünfte über Veränderungen in einer Population zu. Dabei hängen sämtliche Eigenschaften nicht mehr von der Stoffwechselrate ab, sondern von der Körpergröße (zum Beispiel die Schwimmgeschwindigkeit: je größer ein Tier ist, desto schneller schwimmt es). Die Abundanz, beziehungsweise die Biomasse einer Art, ist ebenfalls von der Körpergröße abhängig, das hei   t je größer eine Tierart ist, desto geringer ist deren Abundanz oder auch Biomasse. Das Verhältnis zwischen Biomasse

und Körpergröße, dem Energieverbrauch und der Energieeffizienz zwischen den Trophie-Ebenen ist stets gleich (negativer, linearer Anstieg bei logarithmierten Werten) (Belgrano et al., 2002).

Die Veränderung der Abundanz einer Art in einem Ökosystem kann durch mehrere Gründe verursacht werden. Dabei spielen abiotische Faktoren (wie Jahreszeitenwechsel, Nährstoffveränderungen), aber auch biotische Faktoren (das Auftreten invasiver Arten, Reproduktionsraten) eine Rolle. Ein Ökosystem gilt dann als besonders stabil, wenn es sich durch lange Nahrungsketten auszeichnet und der Anstieg für das Abundanz-Körpermassenverhältnis steil ist (Jennings & Mackinson, 2003). Das ist dann gegeben, wenn das Verhältnis zwischen der Körpergröße von Prädator und Beute klein ist (effizienterer Energietransfer).

### Material und Methoden

Die Untersuchung wurde am 28.09.2013 bei klarem Wetter durchgeführt. Die Wassertemperatur betrug dabei 14°C.

Bei dem Versuchsgebiet handelt es sich um einen Strandabschnitt nördlich der biologischen Feldstation Klubban der Uppsala Universität im Gullmarfjrod an der Westküste von Schweden.

Der Boden des Habitats bestand zu etwa 2/3 aus feinerem Sand und kleineren Steinen und zu circa 1/3 aus größeren Steinen mit starkem Algenbewuchs. Die Wassersäule des Probenareals reichte von 0,68 m bis 1,31 m an der tiefsten Stelle.



**Abb. 1:** Der rote Kreis zeigt die geographische Einordnung des Versuchsgeländes, die Kreisgröße entspricht nicht dem tatsächlichen Radius des Probenareals. Der weiße Kreis zeigt die biologische Feldstation Klubban.

Untersuchungen diesbezüglich wurden bereits für verschiedene Lebensräume vorgenommen. Die Biomassenspektren unterscheiden sich dabei nur geringfügig in den einzelnen Lebensräumen, wie Standgewässer, oder marinen Ökosystemen (Boudreau, 1992; Gaedke, 2004).

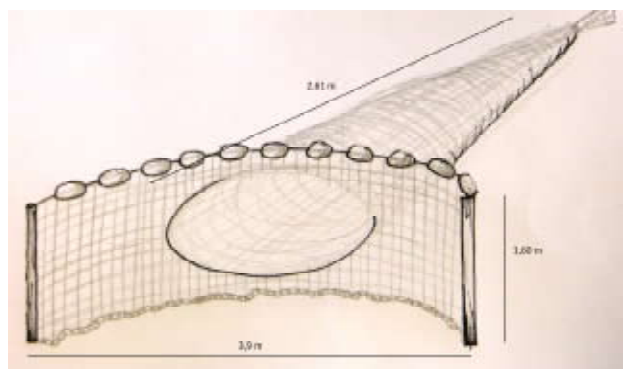
Eine Bestandsaufnahme bezüglich der Abundanz der Arten und deren Körpergewicht soll im Rahmen dieser Untersuchung für die Lebensgemeinschaft nahe des Uferbereichs in einem marinen Ökosystem vorgenommen werden. Dabei wurde der Schwerpunkt auf das Pelagial gelegt. Ziel war es den Zustand des Ökosystems genauer zu betrachten, um zu prüfen, ob Unregelmäßigkeiten in dem Biomassenspektrum zu beobachten sind und was mögliche Gründe für diese sein könnten.

Für die Probenentnahme wurde ein Ringwadennetz (Abbildung 2), welches eine zentrale Erweiterung durch ein engmaschiges Trichternetz hatte, insgesamt drei Mal kreisförmig, (möglichst nah am Benthos entlang,) durch das Wasser gezogen.

Nach jeder Runde wurde der Inhalt des Netzes sorgfältig entfernt und in einen Eimer mit Wasser gefüllt.

Anschließend wurden die in der Probe befindlichen Pflanzen und Tiere (mindestens bis zum taxonomischen Rang der Familie) bestimmt. Die genutzte Bestimmungsliteratur ist dem Literaturverzeichnis zu entnehmen.

Die Individuenzahlen wurden dokumentiert, bei sehr kleinen Organismen mittels Stichprobenauszählungen berechnet und das Frischgewicht der Gruppen



**Abb. 2:** Maße des benutzten Ringwadennetz. Die Maschenbreite im Trichter war 2x2 mm, die Maschenbreite der Breitseite betrug 8x8mm.

Tabelle 1: Ergebnisse der Biomassen Untersuchung fuer die Versuchsflaeche am Strand noerdlich der biologische Feldstation Klubbans. Die Zahl der kleinern Gastropoda in der Groessenklasse 1 wurde abgeschaezt.

Größen- klasse	Größen- bereich [mm]	Klasse	Gattung	Größe [mm]	Individuen	Gewicht [g]	Gewicht pro Individuum [g]	Gesamtgewicht der Größenklasse	Gesamtindividuen
1	0,1-5	Gastropoda	<i>Rissoa parva</i>	0,1-2	~ 6060	4,353	0,001	4,499	~ 6075
		Gastropoda	<i>Nassarius incrassatus</i>						
		Gastropoda	<i>Turritellis communis</i>						
		Gastropoda	<i>Littorina littorea</i>	2-4	12	0,138	0,012		
		Gastropoda	<i>Littorina neritoides</i>						
		Turbellaria	<i>Stylochoplana agilis</i>	3	3	0,008	0,003		
2	5-15	Turbellaria	<i>Notoplana atomata</i>	8	1	0,004	0,004	6,265	315
		Malacostraca	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	6-8	307	5,756	0,019		
		Malacostraca	<i>Carcinus maenas</i>	10	1	0,033	0,033		
		Asteroidea	<i>Asterias rubens</i>	5-15	5	0,433	0,087		
		Malacostraca	<i>Ampithoe rubricata</i>	15	1	0,038	0,038		
3	15-51	Osteichthyes	<i>Pomatoschistus microps</i>	21-51	15	6,503	0,434	6,877	16
		Osteichthyes	<i>Gobiusculus flavescens</i>	21	1	0,374	0,374		
4	>51	Scyphozoa	<i>Cyanea capillata</i>	84	1	133,900	133,900	133,900	1

ausgewogen. Wobei beachtet wurde, dass kein Wasser mitgewogen wurde.

Die Tiere wurden dann in verschiedene Größenklassen eingeteilt. Die Größen unterteilen sich wie in

Tabelle 1 zu sehen.

Für die Auswertung wurde Microsoft Excel 2007 benutzt

## Ergebnisse

Das Habitat bestand zu etwa 1/3 aus bewachsenen Steinen, deren Flora zum überwiegenden Teil aus *Fucus serratus* und darauf wachsenden Rhodophyceen besteht (Anhang: Tabelle 3).

Allgemein konnte zunächst festgestellt werden, dass die Gastropoda die individuenstärkste Gruppe darstellt, darauf folgend kommen die Malacostraca (Abbildung 1). Andere Gruppen wie die Osteichthyes oder die Asteroidea haben im Vergleich verschwindend niedrige Individuenzahlen.

Die Tiere wurden entsprechend ihrer Größen einer von vier Größenklassen zugeteilt (Tabelle 1). Bereits beim ersten Betrachten fällt auf, dass die kleinste Größenklasse, die vorwiegend aus kleineren Gastropoda besteht, im Gegensatz zu ihrer Individuenzahl, bei dem Gewicht pro Individuum aber auch bei ihrem Gesamtgewicht, am niedrigsten abschneidet. Die zweite Größenklasse, die aus Malacostraca, einigen Asteroidea und einem Vertreter der Klasse Turbellaria besteht, hat um etwa den Faktor 20 weniger Individuen als die erste

Größenklasse, wobei das Gesamtgewicht jedoch um einen Faktor von circa 1,4 schwerer ist.

Betrachtet man die dritte, ausschließlich aus Osteichthyes bestehende, Gruppe, ist auch hier ein leichter Anstieg des Gesamtgewichts zu verzeichnen und erneut ein Absinken der Individuenzahl auf etwa ein Zwanzigstel bezüglich der zweiten Größenklasse zu verzeichnen.

Die letzte Größenklasse besteht aus einem einzigen Individuum (*Cyanea capillata*) und hat mit einem Gewicht von 133,9 g, das höchste dokumentierte Gesamtgewicht. Dieses ist damit 20-mal höher als das Gesamtgewicht der 3. Klasse.

Eine logarithmierte Auftragung des Gewichts pro Individuum gegen die Gesamtzahl der Individuen in der jeweiligen Groessenklasse (Abbildung 2) liefert eine Regressionsgerade mit einem Abfall von 0,7769 und einem Korrelationskoeffizienten von 0,8491.

Insgesamt ließ sich beobachten, dass mit zunehmendem Gewicht die Zahl der Individuen absinkt.

## Diskussion

Eine genauere Analyse des Biomassenspektrums ließ feststellen, dass mit steigendem Gewicht beziehungsweise Größe, die Anzahl der Individuen abnimmt. Wobei bezogen auf die ersten drei Größenklassen diese Abnahme durch eine regelmäßige Verminderung um den Faktor 20 beschrieben werden konnte. Dies liegt annähernd an den anfangs genannten proportionalen Veränderungen um ein Viertel in den freien Parametern (West et al., 1999). Von der kleineren Größenklasse zur nächst größeren sinkt die Abundanz der Tiere um ein Vielfaches von einem Viertel ab. In diesem Fall handelt es sich dabei um ein Dreifaches, also sinkt die Abundanz um 75 % pro Größenklasse.

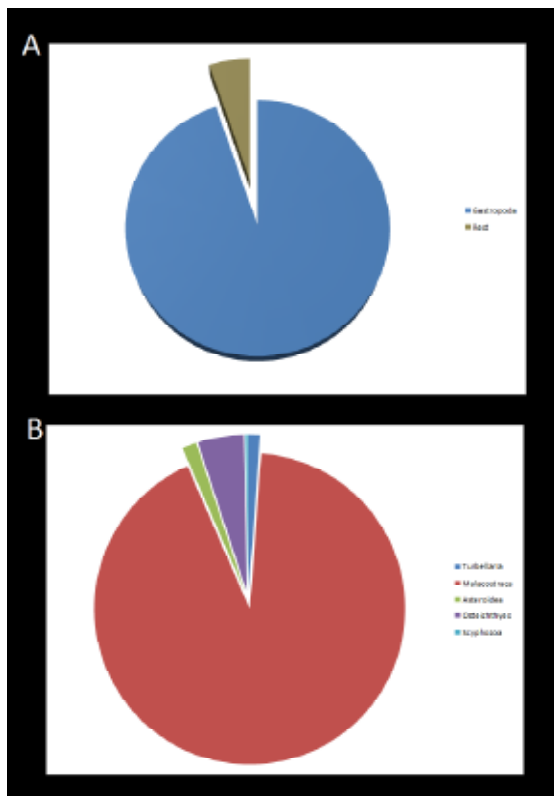
Ein negativer Anstieg der Regressionsgeraden in dem Biomassenspektrum im Bereich von -0,6 bis -1,5 ist ein Hinweis für ein funktionierendes Ökosystem (Zhou, 2006). Dies ist gleichbedeutend mit einer Abundanz, die linear mit der Größe, dem Energieverbrauch und der Energieeffizienz zwischen Organismen unterschiedlicher Größe sinkt (Zhou, 2006). Das Ergebnis von -0,78 liegt somit

noch in diesem Bereich und ist ein Indiz für ein intaktes Ökosystem. Der relativ schwache Korrelationskoeffizient (0,85) lässt jedoch Lücken beziehungsweise Problematiken in der Biozönose erscheinen.

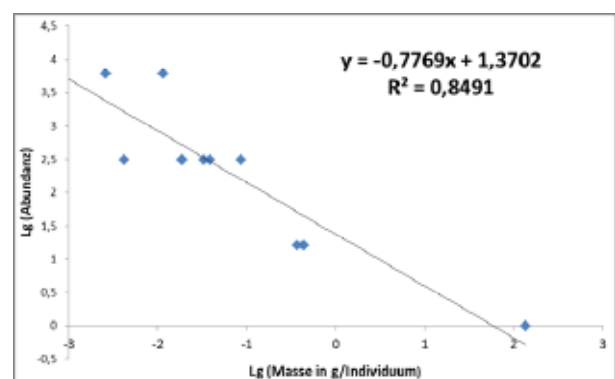
Zu beachten ist, dass mit dem Netz hauptsächlich die im Pelagial lebenden Organismen gefangen wurden. Benthische Tiere wurden nur bedingt gefangen, da das Netz auf Grund der heterogenen Untergrundbeschaffenheit nicht immer komplett über den Boden geführt werden konnte. Dadurch sind mehrere den Benthos bewohnende Organismen nicht erfasst worden, wie Bivalvia, größere Crustacea und Echinodermata. Diese hätten jedoch Sprünge im Biomassenspektrum ausfüllen und zu einem besseren Korrelationskoeffizienten beitragen können.

Das Fehlen von größeren Fischen oder Krabben lässt sich einerseits in der Fangmethode andererseits aber auch auf den Fischfang im Gullmarfjord zurückzuführen. Denn insbesondere der Fischfang resultiert in einem Abflachen eines Biomassenspektrums (Sweeting et al., 2007) und übt zudem einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Produktivität und die Struktur des Nahrungsnetzes in einem Ökosystems aus (Kaiser & Spencer, 1994).

Darüber hinaus haben abiotische Faktoren, wie Jahreszeiten, sowie Tageszeiten, einen immensen Einfluss auf die Populationszusammensetzung des Ökosystems (Sweeting et al., 2009). Die Proben wurden im Herbst genommen, wobei zwar die Tage vor und der Tag während der Beprobung nicht stürmisch waren, aber es zu einer stetigen Abkühlung



**Abb. 3:** A Kreisdiagramm mit dem Anteil der Gastropoda und den anderen Klassen zusammengefasst. B Kreisdiagramm mit Individuenzahl aller Klassen, ausgenommen die Gastropoda.



**Abb. 4:** Auftragung des Logarithmus des Gewichts pro Individuum gegen den Logarithmus der Abundanz (Individuenzahl).

der Luft und auch des Wassers kam.

Dennoch ist ein Biomassenspektrum eine gute Näherung um zumindest grob die Gruppen einer Lebensgemeinschaft zu charakterisieren und den Energiefluss eines Ökosystems zu beschreiben. Trotz möglicher methodischer Schwächen, aufgrund zu weniger Fangproben, ist das dokumentierte Biomassenspektrum daher ein Hinweis auf ein qualitativ intaktes Ökosystem im strandnahen Pelagial des Gullmarfjord.

Für weitere Untersuchungen der Biomassenspektra bietet es sich an sowohl das Benthos als auch das Plankton zu unterschiedlichen Tageszeiten zu erfassen. Möglicherweise sollte auch eine genauere chemische und physikalische Analyse durchgeführt werden, da der untersuchte Strand in unmittelbarer Nähe zu einem stark touristisch genutzten Ort, sowie eines Hafens liegt und es gut möglich ist, dass sich anthropogene Abwässer negativ auf die Biozönose, auswirken

## Literatur

- Belgrano, A., Allen, A.P., Enquist, B.J. & Gillooly, J.F. (2002): Allometric scaling of maximum population density: a commonrule for marine phytoplankton and terrestrial Plant Ecology, 5: 611–613.
- Brown, J. H., Gillooly, J. F., Allen, A. P., Savage, V. M., & G. B. West (2004): Toward a metabolic theory of ecology. Ecology, 85: 1771–89.
- Cambell, A. C. (1988): The Seashore and Shallow Seas of Britain and Europe, 9nd ed. Feltham: The Hamlyn Publishing Group Limited.
- Gaedke, U., Seifried, A., Adrian, R. (2004): Biomass Size Spectra and Plankton Diversity in a Shallow Eutrophic Lake 3. International Review of Hydrobiology, 89: 1– 20.
- Graham, A. (1971): Synopses of the British Fauna (New Series): British Prosobranchs, (Bd. 2) New York: Academic Press Inc. (London) LTD.
- Hayward, P. J., & Ryland, J. S. (1995): Handbook of the Marine Fauna of North-West Europ, Oxford: Oxford University Press.
- Huxley, Julian S. (1972): Problems of Relative Growth, 2nd ed. New York: Dover.
- Jennings, S., Mackinson S. (2003): Abundance-body mass relationships in size-structured food webs. Ecology Letters, 6:971–97.
- Kristiansen, A. (2001): Havets Växter, Stockholm: Prisma.
- Pethon, P. (1996): Fiskar I färg, Stockholm: Norstedts Förlag AG.
- Prudhoe, S. (1982): Synopses of British fauna (New Series): British Polyclad Turbellarians (Bd. 26), Cambridge: Cambridge University Press.
- Sheldon R. W. & Parsons, T.R. (1967): A continuous size spectrum for particulate matter in the sea. Journal of Fisheries Research Board Canada, 24: 909-915.
- Sheldon, R. W., Prakash, A., Sutcliff, W. H. Jr. (1972): The size distribution of particles in the ocean. Limnology and Oceanography, 17: 327-339.
- Sweeting, C. J., Badalamenti, F., D'Anna, G., Pipitone, C. & Polunin, N. V. C. (2009): Steeper biomass spectra of demersal fish communities after trawler exclusion in Sicily. ICES Journal of Marine Science, 66: 195–202.
- West, G.B., Brown, J.H., & Enquist, B.J. (1999): The fourth dimension of life: Fractal geometry and allometric scaling of organisms. Science, 284: 1677–9.
- Yield, P. R., Boudreau, L. M. (1992): Biomass Spectra of Aquatic Ecosystems in Relation to Fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49: 1528-1538.
- Zhou, M. (2006): What determines the slope of a plankton biomass spectrum? . Journal of plankton research, 28: 437–448.